

OPTICAL HEAD

Patent number: JP2001060336

Publication date: 2001-03-06

Inventor: SHIONO TERUHIRO; MATSUZAKI KEIICHI; HOSOMI TETSUO

Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Classification:

- **international:** G11B7/135

- **european:**

Application number: JP19990296386 19991019

Priority number(s):

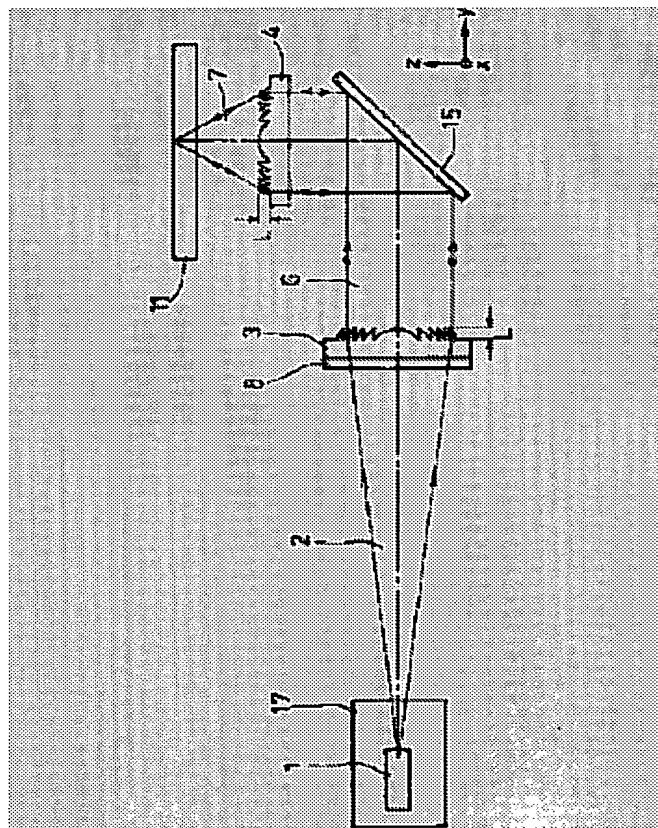
Also published as:

 JP2001060336 (A)

Abstract of JP2001060336

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical head having high utilization efficiency of light in a structure equipped with a light source with plural wave lengths and a diffraction optical device capable of coping with information recording medium of a plurality of kinds.

SOLUTION: Light emitted from a light source 1 selectively emitting light with a primary wave length and light with a secondary wave-length nearly two times as long are made parallel by a diffraction type collimator lens 3, are raised by a raising mirror 15, and then are condensed on an information recording medium 11 by a diffraction type objective lens 4. These diffraction type lenses 3, 4 emit substantially secondary diffraction light to the light with the primary wave length, and emit substantially the primary diffraction light to the light with the secondary wave length.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-60336

(P2001-60336A)

(43)公開日 平成13年3月6日(2001.3.6)

(51)Int.Cl.
G 11 B 7/135

識別記号

F I
G 11 B 7/135

テマコード(参考)
Z 5 D 11 9

審査請求 未請求 請求項の数51 O.L (全25頁)

(21)出願番号 特願平11-296386
(22)出願日 平成11年10月19日(1999.10.19)
(31)優先権主張番号 特願平10-307442
(32)優先日 平成10年10月28日(1998.10.28)
(33)優先権主張国 日本(JP)
(31)優先権主張番号 特願平11-171128
(32)優先日 平成11年6月17日(1999.6.17)
(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地
(72)発明者 塩野 照弘
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 松▲崎▼圭一
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(74)代理人 100095555
弁理士 池内 寛幸 (外1名)

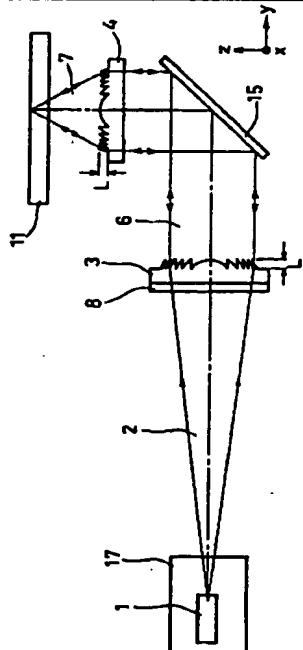
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学ヘッド

(57)【要約】

【課題】複数の種類の情報記録媒体に対応できる複数波長の光源と回折光学素子とを備えた構成であって、光利用効率の高い光学ヘッドを提供する。

【解決手段】第1の波長の光と、その波長の略2倍の第2の波長の光を選択的に出射する光源1から出射した光を、回折形コリメータレンズ3で平行化し、立ち上げミラー15で立ち上げ、回折形対物レンズ4によって情報記録媒体11に集光する。これらの回折形レンズ3、4は、第1の波長の光に対しては実質上2次の回折光を出射し、第2の波長の光に対しては実質上1次の回折光を出射する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の波長の光及び前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上1次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項2】 回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $2\lambda_1/(n-1)$ から $\lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 λ_1/n から $\lambda_2/2n$ の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 λ_1 から $\lambda_2/2$ の範囲内にある請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項3】 回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズである請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項4】 回折光学素子が、光源からの出射光を実質上平行にするコリメータレンズである請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項5】 回折光学素子が、フォーカス/トラック誤差信号検出素子である請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項6】 回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が、第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 10\lambda_1$ の関係を満たす請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項7】 回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が、第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 22\lambda_1$ の関係を満たす請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項8】 第1及び第2の波長の光の光路中に、光源からの出射光の光軸が斜めに入射する光学面を有する屈折光学手段が設けられており、前記出射光の波長変動に伴う回折光学素子からの回折光の回折角の変化と、前記屈折光学手段からの屈折光の屈折角の変化とが、互いに相殺する方向に生じる請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項9】 回折光学素子が、均一周期のグレーティングである請求項8に記載の光学ヘッド。

【請求項10】 回折光学素子が、開口数0.39以下の収束光光路又は発散光光路中に配置されており、前記回折光学素子の周期が均一である請求項8に記載の光学ヘッド。

【請求項11】 屈折光学手段が、3つの光学面を有するプリズムであり、前記3つの光学面のうち、情報記録媒体側の面を第1面、光源側の面を第2面、それ以外の面を第3面としたとき、光源からの出射光が、前記第2面を透過し、前記第1面、前記第3面の順に反射して、前記第1面を透過する構成であって、前記光源からの出射光が前記第2面に入射する最も高い位置よりも対物レ

ンズの下部が低くなる請求項8に記載の光学ヘッド。

【請求項12】 プリズムの硝材のアッペ数が64以上である請求項11に記載の光学ヘッド。

【請求項13】 光源が2波長の光を出射するSHG光源である請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項14】 第1及び第2の波長の光がジグザグ状に伝搬する透明基板を備え、回折光学素子が前記透明基板上に配置された請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項15】 第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たす請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項16】 第1の波長 λ_1 が、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子である請求項1に記載の光学ヘッド。

【請求項17】 第1の波長の光及び前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、前記色収差補正素子の材料の屈折率nに対して、前記段差が、実質上 $2\lambda_1/(n-1)$ から $\lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項18】 第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たす請求項17に記載の光学ヘッド。

【請求項19】 色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている請求項17に記載の光学ヘッド。

【請求項20】 色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される請求項17に記載の光学ヘッド。

【請求項21】 色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する請求項17に記載の光学ヘッド。

【請求項22】 第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、前記第3の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項23】 回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $4\lambda_1/(n-1)$ と $2\lambda_2/(n-1)$ と $3\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $2\lambda_1/n$ と λ_2/n と $3\lambda_3/2n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $2\lambda_1$ と λ_2 と $3\lambda_3/2$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある請求項22に記載の光学ヘッド。

【請求項24】 回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が、第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 22\lambda_1$ の関係を満たす請求項22に記載の光学ヘッド。

【請求項25】 第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第3の波長 λ_3 が、 $0.57\mu m \leq \lambda_3 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たす請求項22に記載の光学ヘッド。

【請求項26】 第1の波長 λ_1 が、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子である請求項22に記載の光学ヘッド。

【請求項27】 第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記段差が、 $4\lambda_1/(n-1)$ と $2\lambda_2/(n-1)$ と $3\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項28】 第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第3の波長 λ_3 が、 $0.57\mu m \leq \lambda_3 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たす請求項27に記載の光学ヘッド。

【請求項29】 色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている請求項27に記載の光学ヘッド。

【請求項30】 色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される請求項27に記載の光学ヘッド。

【請求項31】 色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する請求項27に記載の光学ヘッド。

【請求項32】 第1の波長の光及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項33】 回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1/(n-1)$ から $2\lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1/2n$ から λ_2/n の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1/2$ から λ_2 の範囲内にある請求項32に記載の光学ヘッド。

【請求項34】 回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が、第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 16\lambda_1$ の関係を満たす請求項32に記載の光学ヘッド。

【請求項35】 第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.57\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たす請求項32に記載の光学ヘッド。

【請求項36】 第1の波長 λ_1 が、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子である請求項32に記載の光学ヘッド。

【請求項37】 第1の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、前記色収差補正素子の材料の屈折率nに対して、前記段差が、実質上 $3\lambda_1/(n-1)$ から $2\lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項38】 第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.57\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たす請求項37に記載の光学ヘッド。

【請求項39】 色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている請求項37に記載の光学ヘッド。

【請求項40】 色収差補正素子と対物レンズがアクチ

ュエータによって一体的に駆動される請求項37に記載の光学ヘッド。

【請求項41】 色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する請求項37に記載の光学ヘッド。

【請求項42】 第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上6次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、前記第3の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッド。

【請求項43】 回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $6\lambda_1/(n-1)$ と $3\lambda_2/(n-1)$ と $4\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1/n$ と $3\lambda_2/2n$ と $2\lambda_3/n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1$ と $3\lambda_2/2$ と $2\lambda_3$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある請求項42に記載の光学ヘッド。

【請求項44】 第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する段階状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記段差が、実質上 $6\lambda_1/(n-1)$ と $3\lambda_2/(n-1)$ と $4\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項45】 色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている請求項44に記載の光学ヘッド。

【請求項46】 色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される請求項44に記載の光学ヘッド。

【請求項47】 色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する請求項44に記載の光学ヘッド。

【請求項48】 実質上 $0.35\mu m \leq \lambda \leq 0.44\mu$

mの関係を満たす波長 λ の光を出射する光源と、光検出器と、前記光源から出射される光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子であることを特徴とする光学ヘッド。

【請求項49】 色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている請求項48に記載の光学ヘッド。

【請求項50】 色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される請求項48に記載の光学ヘッド。

【請求項51】 色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する請求項48に記載の光学ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光学的記録再生装置の光学ヘッドに関し、特に、複数の種類の情報記録媒体に対応できる複数波長の光源と回折光学素子とを備えた光利用効率の高い光学ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】 コンパクトディスク(CD)、DVD等の光ディスクや光カードメモリ等の光学的記録媒体の信号を読み出すための重要な構成部品として光学ヘッドがある。光学ヘッドは、光学的記録媒体から信号を取り出すために、信号検出機能だけでなくフォーカスサーボ、トラッキングサーボ等の制御機構を備える必要がある。

【0003】 光学ヘッドは、通常、光源、光検出器、集光レンズ、フォーカス/トラック誤差信号検出素子、立ち上げミラー、コリメータレンズ等の種々の光学部品によって構成されている。光源から出射されたレーザ光は、対物レンズによって光ディスク上に集光される。光ディスク上に集光されたレーザ光は、反射されて光検出器で検出される。これにより、再生信号が読み出される。また、フォーカス/トラック誤差信号検出素子によってフォーカス/トラックの制御が行われ、安定して信号を読み出すことができるようになっている。

【0004】 光学ヘッドを構成する光学素子として、現在用いられている通常のレンズやプリズム等の屈折光学素子の代わりに回折光学素子を用いれば、光学ヘッドの小型・薄型・軽量化を図ることができる。

【0005】 回折光学素子とは、光の回折現象を効果的に利用して機能する光学素子のことであり、この回折光学素子は、波長オーダの深さの凹凸又は屈折率分布や振幅分布が周期的あるいは準周期的に表面に形成されているという特徴を有している。回折光学素子の周期が波長に比べて十分大きい場合には、断面を鋸歯形状化することにより、回折効率をほぼ100%まで高くできることが知られている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、周期が波長に比べて十分大きい場合、回折光学素子の回折効率が100%となるのは、設計波長に対してのみである。図14に、設計波長を1として規格化した規格化波長と回折光学素子の1次回折効率との関係を示す。図14から分かるように、波長が設計値から外れるにしたがって回折効率は徐々に低下する。従って、複数の種類の光ディスクに対応した複数波長の光源を搭載した光学ヘッドに回折光学素子を用いる場合、光利用効率を高くするためにには、波長ごとに最適に設計して、その波長の光路にのみ配置する必要があった。

【0007】本発明は、従来技術における前記課題を解決するためになされたものであり、複数の種類の情報記録媒体に対応できる複数波長の光源と回折光学素子とを備え、光利用効率の高い光学ヘッドを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、第1の本発明（請求項1に記載の発明に対応）は、第1の波長の光及び前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上1次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッドである。

【0009】これにより、例えば、2波長の光の光路上に回折光学素子を配置しても、どちらの波長に対してても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができる。

【0010】また、第2の本発明（請求項2に記載の発明に対応）は、回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $2\lambda_1/(n-1)$ から $\lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 λ_1/n から $\lambda_2/2n$ の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 λ_1 から $\lambda_2/2$ の範囲内にある上記第1の本発明に記載の光学ヘッドである。

【0011】これにより、例えば、第1の波長の光と第2の波長の光に対して、回折光学素子の回折効率を最も高くすることができる。

【0012】また、第3の本発明（請求項3に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズである上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0013】これにより、例えば、対物レンズの薄型軽量化を図ることができる。

【0014】また、第4の本発明（請求項4に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、光源からの出射光を実質上平行にするコリメータレンズである上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0015】これにより、例えば、コリメータレンズの薄型軽量化を図ることができる。

【0016】また、第5の本発明（請求項5に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、フォーカス/トラック誤差信号検出素子である上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0017】これにより、例えば、フォーカス/トラック誤差信号検出素子の薄型軽量化を図ることができる。

【0018】また、第6の本発明（請求項6に記載の発明に対応）は、回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が、第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 10\lambda_1$ の関係を満たす上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0019】これにより、例えば、第1の波長の光に対して80%以上の高い回折効率を有する回折光学素子を実現することができる。

【0020】また、第7の本発明（請求項7に記載の発明に対応）は、回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が、第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 22\lambda_1$ の関係を満たす上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0021】これにより、例えば、第1の波長の光に対して90%以上のさらに高い回折効率を有する回折光学素子を実現することができる。

【0022】また、第8の本発明（請求項8に記載の発明に対応）は、第1及び第2の波長の光の光路中に、光源からの出射光の光軸が斜めに入射する光学面を有する屈折光学手段が設けられており、前記出射光の波長変動に伴う回折光学素子からの回折光の回折角の変化と、前記屈折光学手段からの屈折光の屈折角の変化とが、互いに相殺する方向に生じる上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0023】これにより、例えば、薄型の光学ヘッドを実現することができ、しかも光源からの出射光として半導体レーザ光を用いた場合に、高周波モジュールや自励発振による数nm程度の波長帯域の広がりや環境温度の変化によって出射光の中心波長が変化しても、光ディスク面で良好な集光スポットを得ることができる。

【0024】また、第9の本発明（請求項9に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、均一周期のグレーティングである上記第8の本発明の光学ヘッドである。

【0025】これにより、例えば、回折光学素子の位置合わせや製造が容易となる。

【0026】また、第10の本発明（請求項10に記載の発明に対応）は、回折光学素子が、開口数0.39以下の収束光光路又は発散光光路中に配置されており、前記回折光学素子の周期が均一である上記第8の本発明の光学ヘッドである。

【0027】これにより、例えば、回折光学素子の位置合わせや製造が容易となる。

【0028】また、第11の本発明（請求項11に記載の発明に対応）は、屈折光学手段が、3つの光学面を有するプリズムであり、前記3つの光学面のうち、情報記録媒体側の面を第1面、光源側の面を第2面、それ以外の面を第3面としたとき、光源からの出射光が、前記第2面を透過し、前記第1面、前記第3面の順に反射して、前記第1面を透過する構成であって、前記光源からの出射光が前記第2面に入射する最も高い位置よりも対物レンズの下部が低くなる上記第8の本発明の光学ヘッドである。

【0029】これにより、例えば、光学ヘッドの薄型化を図ることができる。

【0030】また、第12の本発明（請求項12に記載の発明に対応）は、プリズムの硝材のアッペ数が6.4以上である上記第11の本発明の光学ヘッドである。

【0031】これにより、例えば、回折光学素子の周期が大きくなるために、製造が容易で高い回折効率が得られ、幅広い波長領域で波長変動の影響を相殺することができ、光ディスク面で良好な集光スポットを得ることができる。

【0032】また、第13の本発明（請求項13に記載の発明に対応）は、光源が2波長の光を出射するSHG光源である上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0033】これにより、例えば、第1の波長の光及び第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光を出射する光源を得ることができる。

【0034】また、第14の本発明（請求項14に記載の発明に対応）は、第1及び第2の波長の光がジグザグ状に伝搬する透明基板を備え、回折光学素子が前記透明基板上に配置された上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0035】これにより、例えば、薄型で構造が安定な光学ヘッドを実現することができる。

【0036】また、第15の本発明（請求項15に記載の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たす上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0037】これにより、例えば、集光スポットを小さく絞ることができ、例えば10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができるか、もしくはCD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0038】また、第16の本発明（請求項16に記載の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子である上記第1の本発明の光学ヘッドである。

【0039】これにより、例えば、光源からの出射光として、レンズの硝材の色分散の大きい $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の範囲の半導体レーザ光を用いた場合、高周波モジュールや自励発振による数nm程度の波長帯域の広がりや環境温度の変化によって出射光の中心波長が変化しても、対物レンズによる大きな色収差を補正して、光ディスク面で良好な集光スポットを得ることができる。

【0040】また、第17の本発明（請求項17に記載の発明に対応）は、第1の波長の光及び前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する段階もしくは実質上鉛直形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、前記色収差補正素子の材料の屈折率nに対して、前記段差が、実質上 $2\lambda_1/(n-1)$ から $\lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッドである。

【0041】これにより、例えば、第1の波長の光と第2の波長の光に対して良好な光利用効率を有する色収差補正素子が得られる。

【0042】また、第18の本発明（請求項18に記載の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たす上記第17の本発明の光学ヘッドである。

【0043】また、第19の本発明（請求項19に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている上記第17の本発明の光学ヘッドである。

【0044】これにより、例えば、色収差補正素子と対物レンズを1つの部品として取り扱うことができ、小型化・低コスト化が可能となる。

【0045】また、第20の本発明（請求項20に記載の発明に対応）は、色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される上記第17の本発明の光学ヘッドである。

【0046】これにより、例えば、色収差補正素子と対物レンズの光軸がずれることがないので、良好な光学特性が得られる。

【0047】また、第21本発明（請求項21に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する上記第17の本発明の光学ヘッドである。

【0048】これにより、例えば、対物レンズ自体の開口数が低減されるので、製造が容易となる。

【0049】また、第22の本発明（請求項22に記載の発明に対応）は、第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の

波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、前記第3の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射することを特徴とする。

【0050】これにより、例えば、同じ光路に回折光学素子を配置しても、3つの波長のうち、第1と第2の波長に対しては特に高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができる。

【0051】また、第23の本発明（請求項23に記載の発明に対応）は、回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $4\lambda_1/(n-1)$ と $2\lambda_2/(n-1)$ と $3\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $2\lambda_1/n$ と λ_2/n と $3\lambda_3/2n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $2\lambda_1$ と λ_2 と $3\lambda_3/2$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある上記第22の本発明に記載の光学ヘッドである。

【0052】これにより、例えば、第1～第3の波長の光のうち第1及び第2の波長の光に対して、特に、最も回折効率の高い回折光学素子を得ることができる。

【0053】また、第24の本発明（請求項24に記載の発明に対応）は、回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が、第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 2\lambda_1$ の関係を満たす上記第22の本発明の光学ヘッドである。

【0054】これにより、例えば、第1の波長の光に対して、例えば、80%以上の高い回折効率を有する回折光学素子を実現することができる。

【0055】また、第25の本発明（請求項25に記載の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第3の波長 λ_3 が、 $0.57\mu m \leq \lambda_3 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たす上記第22の本発明の光学ヘッドである。

【0056】これにより、例えば、集光スポットを小さく絞ることができるので、例えば、10Gバイト以上の高密度光ディスクを読み出すことができるか、もしくは、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができるか、もしくは、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0057】また、第26の本発明（請求項26に記載の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、実質上0.35

$\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子である上記第22の本発明の光学ヘッドである。

【0058】また、第27の本発明（請求項27に記載の発明に対応）は、第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する段階状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記段差が、 $4\lambda_1/(n-1)$ と $2\lambda_2/(n-1)$ と $3\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッドである。

【0059】これにより、例えば、第1～第3の波長の光のうち第1及び第2の波長の光に対して特に光利用効率の良好な色収差補正素子を得ることができる。

【0060】また、第28の本発明（請求項28に記載の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たすか、もしくは、第3の波長 λ_3 が、 $0.57\mu m \leq \lambda_3 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たす上記第27の本発明の光学ヘッドである。

【0061】また、第29の本発明（請求項29に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている上記第27の本発明の光学ヘッドである。

【0062】また、第30の本発明（請求項30に記載の発明に対応）は、色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される上記第27の本発明の光学ヘッドである。

【0063】また、第31の本発明（請求項31に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する上記第27の本発明の光学ヘッドである。

【0064】また、第32の本発明（請求項32に記載の発明に対応）は、第1の波長の光及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッドである。

【0065】これにより、例えば、同じ光路に回折光学

素子を配置しても、どちらの波長の光に対しても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができる。

【0066】また、第33の本発明（請求項33に記載の発明に対応）は、回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1/(n-1)$ から $2\lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1/2$ nから λ_2/n の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1/2$ から λ_2 の範囲内にある上記第32の本発明の光学ヘッドである。

【0067】これにより、例えば、第1及び第2の波長の光に対して、最も回折効率の高い回折光学素子を得ることができる。

【0068】また、第34の本発明（請求項34に記載の発明に対応）は、回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が、第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 1.6\lambda_1$ の関係を満たす上記第32の本発明の光学ヘッドである。

【0069】これにより、例えば、第1の波長に対して、例えば、80%以上の高い回折効率を有する回折光学素子を実現することができる。

【0070】また、第35の本発明（請求項35に記載の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、0.35μm≤ λ_1 ≤0.44μmの関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、0.57μm≤ λ_2 ≤0.68μmの関係を満たす上記第32の本発明の光学ヘッドである。

【0071】また、第36の本発明（請求項36に記載の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、実質上0.35μm≤ λ_1 ≤0.44μmの関係を満たし、回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子である上記第32の本発明の光学ヘッドである。

【0072】また、第37の本発明（請求項37に記載の発明に対応）は、第1の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する段階状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、前記色収差補正素子の材料の屈折率nに対して、前記段差が、実質上 $3\lambda_1/(n-1)$ から $2\lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッドである。

【0073】これにより、例えば、第1及び第2の波長の光に対して光利用効率の良好な色収差補正素子を得ることができる。

【0074】また、第38の本発明（請求項38に記載

の発明に対応）は、第1の波長 λ_1 が、0.35μm≤ λ_1 ≤0.44μmの関係を満たすか、もしくは、第2の波長 λ_2 が、0.57μm≤ λ_2 ≤0.68μmの関係を満たす上記第37の本発明の光学ヘッドである。

【0075】これにより、例えば、集光スポットを小さく絞ることができ、例えば10Gバイト以上の高密度光ディスクを読み出すことができるか、もしくは、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0076】また、第39の本発明（請求項39に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている上記第37の本発明の光学ヘッドである。

【0077】また、第40の本発明（請求項40に記載の発明に対応）は、色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される上記第37の本発明の光学ヘッドである。

【0078】また、第41の本発明（請求項41に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する上記第37の本発明の光学ヘッドである。

【0079】また、第42の本発明（請求項42に記載の発明に対応）は、第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記第1の波長の光に対して実質上6次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、前記第3の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射することを特徴とする光学ヘッドである。

【0080】これにより、例えば、同じ光路に回折光学素子を配置しても、3つの波長に対して高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができる。

【0081】また、第43の本発明（請求項43に記載の発明に対応）は、回折光学素子の断面形状が実質上鋸歯形状であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記鋸歯形状の深さが、透過型素子の場合には、実質上 $6\lambda_1/(n-1)$ と $3\lambda_2/(n-1)$ と $4\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1/n$ と $3\lambda_2/2n$ と $2\lambda_3/n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、空気側から入射する反射型素子の場合には、実質上 $3\lambda_1$ と $3\lambda_2/2$ と $2\lambda_3$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある上記第42に記載の光学ヘッドである。

【0082】これにより、例えば、第1～第3の波長の光に対して、最も回折効率の高い回折光学素子を得るこ

とができる。

【0083】また、第44の本発明（請求項44に記載の発明に対応）は、第1の波長の光、前記第1の波長の略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び前記第1の波長の略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を射出する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、前記第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、前記対物レンズの色収差を補正する段階状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、前記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、前記段差が、実質上 $6\lambda_1/(n-1)$ と $3\lambda_2/(n-1)$ と $4\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあることを特徴とする光学ヘッドである。

【0084】これにより、例えば、第1～第3の波長の光に対して良好な光学特性を有する色収差補正素子を得ることができる。

【0085】また、第45の本発明（請求項45に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている上記第44の本発明の光学ヘッドである。

【0086】また、第46の本発明（請求項46に記載の発明に対応）は、色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される上記第44の本発明の光学ヘッドである。

【0087】また、第47の本発明（請求項47に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する上記第44の本発明の光学ヘッドである。

【0088】また、第48の本発明（請求項48に記載の発明に対応）は、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda \leq 0.44\mu m$ の関係を満たす波長λの光を射出する光源と、光検出器と、前記光源から射出される光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備え、前記回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子であることを特徴とする光学ヘッドである。

【0089】また、第49の本発明（請求項49に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が対物レンズ上に形成されている上記第48の本発明の光学ヘッドである。

【0090】また、第50の本発明（請求項50に記載の発明に対応）は、色収差補正素子と対物レンズがアクチュエータによって一体的に駆動される上記第48の本発明の光学ヘッドである。

【0091】また、第51の本発明（請求項51に記載の発明に対応）は、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する上記第48の本発明の光学ヘッドである。

【0092】

【発明の実施の形態】以下、実施の形態を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

【0093】（第1の実施の形態）まず、本発明の第1の実施の形態の光学ヘッドについて、図1から図3までを用い、座標軸を図のようにとて詳細に説明する。

【0094】図1は本発明の第1の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、図2は同実施の形態の光学ヘッドにおける、周期が波長に比べて十分大きいときの回折光学素子の規格化波長と回折効率との関係を示すグラフ、図3は同実施の形態の光学ヘッドにおける回折光学素子の規格化グレーティング周期と1次回折効率及び2次回折効率との関係を示すグラフである。

【0095】図1に示すように、本実施の形態の光学ヘッドにおいては、光源1から記録媒体であるDVDやCD等の光ディスク11までの光路中に、回折光学素子としての、回折形コリメータレンズ3と、回折形対物レンズ4と、回折形フォーカス／トラック誤差信号検出素子8とが配置されている。このように回折光学素子を用いることにより、光学ヘッドの薄型化、軽量化、低価格化を図ることができる。

【0096】光源1は、第1の波長のレーザ光と、その波長に対して略2倍の波長を有する第2の波長のレーザ光とを選択的に射出することができる光源であり、光検出器（図示せず）とともに光源・光検出器ユニット17内に集成化されている。本実施の形態においては、光源1として、上記2波長が得られるようにSHG光源が用いられている。但し、それぞれの波長の半導体レーザを2つ並べたものを用いてもよい。

【0097】光源1である半導体レーザからy軸方向に出射されたレーザ光2は、回折形フォーカス／トラック誤差信号検出素子8を透過（0次回折光利用）して、それに一体化された回折形コリメータレンズ3により、例えば、ビーム径3.25mmの略平行光6となり、立ち上げミラー15によって光路をz軸方向に折り曲げられる。そして、z軸方向に折り曲げられたレーザ光6は、回折形対物レンズ4によって光ディスク11上に集光（収束光7）される。

【0098】光ディスク11によって反射されたレーザ光7は、逆方向に折り返し、回折形対物レンズ4、立ち上げミラー15、回折形コリメータレンズ3を順に通過して、-y軸方向に光路を向け、回折形フォーカス／トラック誤差信号検出素子8によって分割されて（1次あるいは2次回折光利用）、光検出器で検出される。

【0099】本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源1が射出する第1の波長のレーザ光2の波長 λ_1 は、例えば、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、この第1の波長の光源1を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができ、その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すこと

ができる。また、光源1が射出する第2の波長のレーザ光2の波長 λ_2 は、例えば、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たし、この第2の波長の光源1を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。このように、本実施の形態においては、読み出す光ディスクの種類によって射出する光の波長を決め、選択的にその波長のレーザ光2を射出させている。

【0100】回折光学素子は、一般に、設計波長に対して高い回折効率を示すが、それから外れるにしたがって回折効率が徐々に低下してしまう。従って、設計波長の光とそれ以外の波長の光のどちらも通過する光路に回折光学素子を配置すると、どちらかの波長に対して回折効率が低下してしまう。

【0101】しかし、回折光学素子の周期が波長に比べて十分大きい場合には、図2に示すように、設計波長(規格化波長=1)の半分の波長になると、1次回折効率はほとんど0になるが、2次回折効率はほぼ100%と非常に高くなるということが分かった。本発明者らは、高密度光ディスクとCD、CD-Rの光ディスクの両方に対応できる2波長の光学ヘッドにおいて、その2波長間の波長の大きさの関係を略2倍(実際の場合は1.8倍程度から2.1倍程度)に設定し、高密度光ディスクに対応するとき(第1の波長の光を射出するとき)には、回折光学素子に対して実質上2次回折光を用い、CD、CD-Rの光ディスクに対応するとき(第2の波長の光を射出するとき)には、回折光学素子に対して実質上1次回折光を用いることにより、同じ光路に回折光学素子を配置しても、どちらの波長に対しても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現できることを見い出した。

【0102】通常、回折光学素子における回折角は、波長と周期と回折次数によって決められるが、本発明者らは、第1の波長で実質上2次回折光を用い、略2倍の波長の第2の波長で実質上1次回折光を用いるようにすることにより、波長が異なっても、回折角を等しくすることができるということを見い出した。これをレンズに当てはめて述べると、本実施の形態の場合の、回折形対物レンズ4と回折形コリメータレンズ3の焦点距離を、それぞれ第1、第2の波長でほとんど同じにできる。従って、光源1からコリメータレンズ3までの距離を、波長によらずほぼ一定にでき、また、対物レンズ4の焦点距離も同じように一定にできる。さらに、回折角が等しいために、フォーカス/トラック誤差信号検出素子8から光検出器まで光を分割する光路も全く同じになるので、光検出器を両波長に対して共通化ができる。

【0103】本実施の形態の回折形コリメータレンズ3、回折形対物レンズ4のような、高い回折効率が得られ、実質上、単一の回折次数しか用いられない回折光学

素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、上記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、上記鋸歯形状の深さL1が、回折形コリメータレンズ3、回折形対物レンズ4のような透過型素子の場合、実質上 $L_1 = 2\lambda_1 / (n - 1)$ から $L_2 = \lambda_2 / (n - 1)$ の範囲内にあり、また、本実施の形態では示していないが、他の実施の形態で説明するような基板側から入射するような反射型素子の場合は、実質上 $L_1 = \lambda_1 / n$ から $L_2 = \lambda_2 / 2n$ の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = \lambda_1$ から $L_2 = \lambda_2 / 2$ の範囲内にあるようにして、どちらの波長に対しても回折効率が大きくなるようにした。

【0104】例えば、 $\lambda_1 = 0.40\mu m$ 、 $\lambda_2 = 0.80\mu m$ 、 $n = 1.5$ の場合には、 $L_1 = L_2$ であるから、透過型素子では $L = 1.6\mu m$ 、反射型素子では $L = 0.27\mu m$ (基板側から入射)、 $0.4\mu m$ (空気側から入射)である。また、 $\lambda_1 = 0.425\mu m$ 、 $\lambda_2 = 0.80\mu m$ 、 $n = 1.5$ の場合には、透過型素子では $L = 1.6\mu m \sim 1.7\mu m$ 、反射型素子では $L = 0.27\mu m \sim 0.28\mu m$ (基板側から入射)、 $L = 0.4\mu m \sim 0.425\mu m$ (空気側から入射)である。後者のように完全には $2\lambda_1 = \lambda_2$ とならない場合には、 $L_1 \neq L_2$ であり、好ましい溝深さは、 L_1 から L_2 の範囲内にあるが、溝深さを L_1 としたときは第1の波長 λ_1 に対する効率重視となり、溝深さを L_2 としたときは第2の波長 λ_2 に対する効率重視となり、ちょうどその平均の大きさ($0.5(L_1 + L_2)$)のときに、両波長に対してバランスがとれた状態となる。波長が短いほど光利用効率が重要視されるので、回折光学素子の溝の深さは L_1 に設定されるのがより望ましいと言える。

【0105】図2に示すように、例えば、回折効率が80%以上となる波長領域は、 $0.36\mu m \sim 0.47\mu m$ 、 $0.65\mu m \sim 1.1\mu m$ である(本実施の形態において、規格化波長1.0は第2の波長 λ_2 に対応する)。従って、本実施の形態の回折光学素子は、どちらの波長においても、波長 λ に比べて周期Λが十分大きい場合に、80%以上の回折効率を確保することができる。また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数をpとしたとき、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 2(p-1)\lambda_1 / [p(n-1)]$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / [p(n-1)]$ の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p-1)\lambda_1 / p$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / 2pn$ の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p-1)\lambda_1 / p$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / 2p$ の範囲内にあることが望ましい。

【0106】また、本実施の形態のフォーカス/トラック誤差信号検出素子8のような、往路に0次回折光、復路に1次又は2次回折光を用いる透過型回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、上記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、上記透過型素子の鋸歯形状の深さLが、実質上 $L_1 = \lambda_1 / (n - 1)$ から $L_2 = \lambda_2 / [2(n - 1)]$ の範囲内にあるようにし、また、他の実施の形態で説明するような基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = \lambda_1 / 2n$ から $L_2 = \lambda_2 / 4n$ の範囲内にあり、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = \lambda_1 / 2$ から $L_2 = \lambda_2 / 4$ の範囲内にあるようにして、往復の光利用効率が大きくなるようにした。また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数をpとしたとき、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p - 1) \lambda_1 / [p(n - 1)]$ から $L_2 = (p - 1) \lambda_2 / [2p(n - 1)]$ の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p - 1) \lambda_1 / 2pn$ から $L_2 = (p - 1) \lambda_2 / 4pn$ の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = (p - 1) \lambda_1 / 2p$ から $L_2 = (p - 1) \lambda_2 / 4p$ の範囲内にあることが望ましい。

【0107】図2においては、回折光学素子の周期が波長に比べて十分大きいとし、回折光学素子の表面の反射ロスを無視して考えた。次に、回折光学素子の波長 λ で規格化した規格化グレーティング周期 Λ/λ と回折効率との関係について、表面の反射ロスを含めて詳細に検討をした。その結果を図3に示す。図3において、実線は1次回折効率を示し、破線は2次回折効率を示している。尚、回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状であり、溝深さは上述したように最適値となるようにした。この場合、回折光学素子の表面に無反射コーティングを施すことにより、回折効率は反射ロスの分だけ向上する。

【0108】図3から分かるように、1次回折効率の方が概ね良好であるが、どちらの回折効率も Λ/λ が小さくなると減少する傾向にある。どちらの回折効率も80%以上になる Λ/λ は10以上であるので、回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 10\lambda_1$ の関係を満たすようにすることにより、両波長に対して回折効率を80%以上とすることができる。さらに、回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 22\lambda_1$ の関係を満たすようにすることにより、両波長に対して回折効率を90%以上することもできる。

【0109】回折形レンズ3、4は、例えば、同心円グレーティングにより構成され、外周部に行くほど周期が

徐々に小さくなる構造となっている。本実施の形態において、回折形コリメータレンズ3の開口数NAは、例えば、0.15であり、最外周部の最小周期は $13\lambda_1$ であるため、レンズ全域にわたって、両波長に対して回折効率を80%以上とすることができます。しかし、回折形対物レンズのNAは、第1、第2の波長に対して、それぞれ、例えば、0.6、0.45であり、最外周部の最小周期は、それぞれ、 $3.3\lambda_1$ 、 $2.2\lambda_2$ であるため、周辺で回折効率が低下する。

【0110】尚、本実施の形態においては、両波長に対して回折効率が大きくなるように、第1の波長に対して実質上2次の回折光を出射し、第2の波長に対して実質上1次の回折光を出射するようにしているが、第1の波長に対して実質上4次の回折光を出射し、第2の波長に対して実質上2次の回折光を出射するようにしても、動作は可能である（この場合、例えば、溝深さは $4\lambda_1 / (n - 1)$ から $2\lambda_2 / (n - 1)$ の範囲内にあるようになる）。しかし、高次光になるほど溝の深さは波長に対して大きくなるため、後述する図13からも分かるように、回折効率は低下する傾向にある。

【0111】また、本実施の形態においては、3つの回折光学素子が用いられているが、必ずしもすべての回折光学素子を用いる必要はなく、そのうちの1つだけでも効果はある。また、回折光学素子の向きは本実施の形態の場合と逆向きであってもよい。特に、対物レンズ4の溝のある面を光ディスク11側とは反対側にもってくれば、光ディスク11からのゴミ、埃の影響を回避することができ、また、表面を拭くこともできる。さらに、コリメータレンズ3とフォーカス/トラック誤差信号検出素子8の位置は逆でもよい。

【0112】〈第2の実施の形態〉次に、本発明の第2の実施の形態の光学ヘッドについて、図4を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0113】図4は本発明の第2の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

【0114】本実施の形態の光学ヘッドは、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクとCD、CD-Rの光ディスクとに対応した、超薄型構成の光学ヘッドである。

【0115】図4に示すように、回折形のフォーカス/トラック誤差信号検出素子8aは光源・光検出器ユニット17の窓側に配置されている。また、立ち上げミラーの代わりに、3つの光学面を有するプリズムである屈折光学手段9が用いられている。対物レンズ4aとしては、非球面レンズが用いられている。

【0116】屈折光学手段9は、情報記録媒体側の面を第1面（斜面）10、光源側の面を第2面（側面）12、それ以外の面を第3面（底面）14としたとき、例えば、 $0.35 \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu m$ の関係を満たす第

1の波長 λ_1 と、その略2倍の大きさである例えば、 $0.76 \leq \lambda_2 \leq 0.88 \mu\text{m}$ の関係を満たす第2の波長 λ_2 を選択的に出射する光源1から出射されたレーザ光2は、回折形コリメータレンズ3によって略平行光6となる。略平行光6は、屈折光学手段9の第2面12を透過して、第1面10で全反射し、次いで、例えば、A1や多層膜等の反射膜16が形成された第3面14で反射する。屈折光学手段9の第3面14で反射した略平行光6は、第1面10を透過し、回折形コリメータレンズ3と屈折光学手段9との間の略平行光6に対して光軸が実質上 90° 折り曲げられた状態となる。このようにジグザグ状に屈折光学手段9内を伝搬させる構成を採用すれば、コリメータレンズ3によって略平行光6となった屈折光学手段9の第2面12への入射ビームの最も高い位置（光学ヘッド下部又は光学ベース（図示せず）からのz軸方向の高さ）よりも対物レンズ4aの下部を低くすることができるので、光学ヘッドの高さ（z軸方向のサイズ）を大幅に小さくして、超薄型化を図ることができる。

【0117】屈折光学手段9の仕様は、次のとおりである。すなわち、屈折光学手段9の底面の設置角度 θ_b は例えば 5.0° 、屈折光学手段9の底角の一方の角度 θ は例えば 29.3° 、屈折光学手段9の底角の他方の角度 θ_1 は例えば 114.3° 、第3面（底面）14の長さは 4.4 mm である。また、屈折光学手段（プリズム）9の硝材としては、BK7が用いられている。この場合、屈折光学手段9に入射するビーム径と屈折光学手段9から出射するビーム径とは等しくなるように設定されている（ビーム整形無しの構成）。また、屈折光学手段9の硝材の屈折率をn、屈折光学手段9の底面の設置角度を θ_b とした場合、屈折光学手段9の底角の一方の角度 θ は、 $\sin(\theta - \theta_b) = n \cdot \sin(4\theta - 2\theta_b - 90^\circ - \theta')$ 、 $n \cdot \sin \theta' = \sin(\theta - \theta_b)$ の関係を実質上満足し、屈折光学手段9の底角の他方の角度 θ_1 は、 $\theta_1 = \theta + 90^\circ - 2\theta_b$ の関係を実質上満足している。本実施の形態においては、屈折光学手段9の設置角度を、例えば $\theta_b = 5^\circ$ としたが、実質上 2° から 10° の範囲内にあれば、対物レンズ4aの左端と屈折光学手段9との間隔に十分な余裕が生まれ、好ましいことが分かった。

【0118】本実施の形態においても、回折光学素子3、8aは、上記第1の実施の形態の場合と同じように、第1の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、前記第2の波長の光に対して実質上1次の回折光を出射することで、両波長に対して高い回折効率を実現することができる。

【0119】尚、フォーカス／トラック誤差信号検出素子8aは、上記第1の実施の形態の場合と同じように、回折形コリメータレンズ3と一体化してもよい。また、対物レンズ4は回折形レンズであってもよい。

【0120】〈第3の実施の形態〉次に、本発明の第3の実施の形態の光学ヘッドについて、図5を用いて、上記第2の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0121】図5は本発明の第3の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

【0122】図5に示すように、本実施の形態においては、フォーカス／トラック誤差信号検出素子8aに一体化して、例えば、周期が $1.0 \mu\text{m}$ のx軸方向に均一周期のグレーティングである回折光学素子5が配置されている。また、コリメータレンズ3aとしては、非球面レンズが用いられている。

【0123】光源1は、例えば、 $0.35 \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu\text{m}$ の関係を満たす第1の波長 λ_1 のレーザ光2を出射する半導体レーザと、その略2倍の波長である、例えば、 $0.76 \leq \lambda_2 \leq 0.88 \mu\text{m}$ の関係を満たす第2の波長 λ_2 のレーザ光2を出射する半導体レーザとを、近接させて並べた構成であり、選択的に発光させることができ。回折光学素子5は、第1の波長のレーザ光2に対しては、例えば 4.7° の回折角で実質上2次の回折光を出射し、第2の波長のレーザ光2に対しては、例えば 4.7° の同じ回折角で実質上1次の回折光を出射する。従って、第1と第2の波長のレーザ光2に対して、回折光学素子5の回折角をほとんど同じにすることができるので、回折光学素子5から出射されるレーザ光2の光軸もほとんど同じにすることができる。

【0124】本実施の形態においては、光源1として半導体レーザが用いられているため、高周波モジュール又は自励発振によって典型的に 1 nm 程度の波長広がりが生じ、また、環境温度の変化によって出射光の中心波長が変化するという現象が生じる。

【0125】本実施の形態においては、屈折光学手段9の側面12と斜面10にレーザ光2の光軸が斜めに入射するため、波長帯域に広がりがあると、屈折角が異なるといった色分散が生じる。光路中に、回折光の回折角の変化が、屈折光学手段9での屈折角の変化と互いに相殺する方向に生じるように、回折光学素子5を配置すれば、色分散が打ち消されて、光ディスク11上に良好に集光させることができとなる。特に、 $0.35 \mu\text{m} \sim 0.44 \mu\text{m}$ （第1の波長）の波長帯域においては、ガラス（プリズムである屈折光学手段9）の色分散が非常に大きいため、回折光学素子5によってそれを打ち消することは、光ディスク11上で良好な集光スポットを形成する上で、非常に有効である。

【0126】本発明者らは、プリズムである屈折光学手段9を構成するガラスの硝材が低分散である場合に、幅広い波長領域で、色収差をほぼ問題とならない程度まで相殺することができ、同時に、色収差を補正する回折光学素子5の周期も大きくすることができるため、素子の製造が容易で高い回折効率が得られることを見い出し

た。また、波長変動は、第1の波長で±10nmの範囲内であることが、現実的にはほとんどであり、その場合、硝材のアッペ数が6.4以上であれば、光ディスク1上に色収差の影響の小さい光スポットを形成することができる見い出した。従って、硝材としては、BK7、FC5、FK5、FCD1、FCD10、FCD100等が望ましい。

【0127】本実施の形態の光学ヘッドにおいては、均一周期のグレーティングである回折光学素子5が、光源1からコリメータレンズ3aまでの収束光光路又は発散光光路中に配置されている。本発明者らは、このような収束光光路又は発散光光路中に、色収差補正用のグレーティングである回折光学素子5を配置した場合に、入射角によって補正効果が異なる（光が傾いて入射した場合ほど、色収差補正効果が大きくなる）ことを見い出した。このため、厳密には、出射光2の収束角に合わせて、z軸方向の回折光学素子5の周期分布を変化させる必要がある。しかし、開口数が0.39以下の収束光光路中又は発散光光路中に色収差補正用のグレーティングである回折光学素子5が配置されている場合には、対物レンズ4aでの光ディスク11上のスポットは色収差で問題にならないことが分かった。このため、均一周期のグレーティングである回折光学素子5を用いることが可能となるので、位置合わせや製造が容易となる。

【0128】（第4の実施の形態）次に、本発明の第4の実施の形態の光学ヘッドについて、図6を用いて、上記第3の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0129】図6(a)は本発明の第4の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、図6(b)は本発明の第4の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す平面図である。

【0130】図6に示すように、本実施の形態においては、第1の波長 λ_1 の光の光源1aと、その略2倍の波長である、第2の波長 λ_2 の光の光源1bとが、波長ごとに設けられた光検出器13とともに、それぞれ別々の光源・光検出器ユニット17a、17b内に配置されており、ビームスプリッタ18によって両波長が合波・分波される。ビームスプリッタ18は、ウェッジプリズム等でもよく、合波・分波が可能な素子であればこれに限定されるものではない。

【0131】プリズムである屈折光学手段9aの側面には、屈折光学素子9aの色収差補正用のグレーティングである回折光学素子5aが一体化されて設けられている。回折光学素子5aは、上記第3の実施の形態の場合と同じく、第1の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射し、第2の波長の光に対して実質上1次の回折光を出射することにより、両波長に対して高い効率を実現することができる。また、色収差補正用のグレーティングである回折光学素子5aを、略平行光6の光路に配置

することにより、回折効率や色収差補正効果を素子全面にわたってほぼ等しくすることができる。また、回折光学素子5aを屈折光学手段9aと一体化したことにより、構造が安定で、1つの部品として取り扱うことができるため、位置合わせが容易となる。

【0132】また、本実施の形態においては、プリズムである屈折光学手段9aの底面14の設置角度が0であり、底面14をこれを載せる光学ベース（図示せず）にそのまま配置することができるため、位置合わせが容易となる。尚、グレーティングである回折光学素子5aは、プリズムである屈折光学手段9aの他の面10、14に配置してもよい。

【0133】（第5の実施の形態）次に、本発明の第5の実施の形態の光学ヘッドについて、図7を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0134】図7は本発明の第5の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

【0135】図7に示すように、本実施の形態の光学ヘッドにおいては、立ち上げミラー15と対物レンズ4aとの間の光路中に、対物レンズ4aの色収差を補正する色収差補正素子19が配置されている。ここで、対物レンズ4aとコリメータレンズ3は非球面レンズである。

【0136】本発明者らは、0.35μm～0.44μm（第1の波長）の波長帯域においてガラスの色分散が非常に大きく、例えば、対物レンズ4aの硝材がVC79（アッペ数57.7）、波長が、例えば、 $\lambda_1 = 0.4\mu m$ 、開口数がNA=0.6の仕様で設計した場合には、入射波長が±1nmだけ変化しても、集光スポット位置は焦点深度（±0.56μm）よりも大きく焦点が変化（例えば、0.8μm）し、良好なスポットを得られない（焦点ぼけ）という問題が発生することを見い出した。例えば、高周波モジュールや自励発振によって波長帯域が広がったり（波長広がり±1nm程度）する場合にこの問題が発生する。

【0137】本実施の形態においては、対物レンズ4aの色収差を補正する色収差補正素子19を配置することにより、このような問題を解決することのできる光学ヘッドを実現している。

【0138】さらに、書き換え可能な光ディスクへの書き込みと読み出しを高速に行う場合、第1の波長の光では際立って焦点位置が変動し易いため、本発明の効果は大きい。

【0139】色収差補正素子19は、凸型の回折形レンズであり、同心円状のグレーティングが外周部に行くにしたがって周期が徐々に小さくなるようなパターン形状を有しており、これまで述べたような、第1の波長の光に対して実質上2次の回折光を生じさせ、第1の波長の略2倍の波長である第2の波長の光に対して実質上1次の回折光を生じさせるような段差（溝深さ）Lを有す

る、断面が実質上鋸歯形状となっている。

【0140】ここで、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、色収差補正素子19の材料の屈折率nに対して、段差sは、上記第1の実施の形態と同じく、実質上 $L_1 = 2\lambda_1/(n-1)$ から $L_2 = \lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあり、両波長に対して回折効率が大きくなる。

【0141】本実施の形態において、色収差補正素子19は、例えば、F数が10.0(開口数NA=0.05)の凸型の回折形レンズであり、図7に示すように、略平行光6が色収差補正素子19によって緩やかな収束光となり、これが対物レンズ4aによって最終的に、例えば、開口数NA=0.66の収束光7となる。従つて、対物レンズ4a自体の開口数を、実質的には、例えば、0.6程度に低減することができ、色収差補正が可能であると共に、製造が容易となる。

【0142】本実施の形態においては、色収差補正素子19と対物レンズ4aをアクチュエータによって一体的に駆動するようにされている。このような構成とすることにより、両素子の光軸を常に一致させた状態にすることができるので、良好な光学特性を得ることができる。

【0143】(第6の実施の形態)次に、本発明の第6の実施の形態の光学ヘッドについて、図8、図9を用いて、上記第5の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0144】図8は本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、図9(a)は本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの色収差補正素子を形成した対物レンズを示す断面図、図9(b)はその平面図である。

【0145】本実施の形態においては、図8、図9に示すように、対物レンズ4c上に、同心円状のパターン形状を有し、断面が実質上鋸歯形状(段差s)の色収差補正素子19aが形成されている。このように色収差補正素子19aと対物レンズ4cを一体化することにより、光学ヘッドの小型化、位置合わせの容易化が可能となる。

【0146】第1の波長 λ_1 、第1の波長の略2倍の波長である第2の波長 λ_2 、色収差補正素子19aの材料の屈折率nに対して、段差sは、 $s_1 = 2\lambda_1/(n-1)$ から $s_2 = \lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあるように設定されており、設計波長 λ もしくは λ_2 の光が入射した場合には、位相差が λ_1 、 λ_2 に対して、それぞれ、実質的に 4π 、 2π となる(両波長に対して実質上位相飛びがない)。このため、段差がない場合と同じく(色収差補正素子19aが無い場合と同じく)、両波長に対して光の損失がほとんど無く、対物レンズ4cによって良好に集光される。しかし、入射光の波長が設計値からずれてくると、色収差補正素子19aの溝の深さに対する位相差が、それぞれ、 4π 、 2π からずれてくるため、色収差補正素子19aは、対物レンズ4aの波長

ずれによる焦点変動を打ち消し合うように波面変換を行う。すなわち、略平行光(入射光)6の波長が長くなると、対物レンズ4cの硝材の屈折率が小さくなるために、対物レンズ4cの焦点距離は長くなる。しかし、色収差補正素子19aの段差での位相差は第1及び第2の波長に対して、それぞれ、 4π 、 2π よりも小さくなるため、色収差補正素子19aからの出射光は収束光となり、対物レンズ4cの焦点距離を実質上短くするように機能し、トータルで焦点距離の変動はなくなる。

【0147】尚、本実施の形態においては、色収差補正素子19aの段差での位相差が第1及び第2の波長に対して、それぞれ、実質上 4π 、 2π となり、両波長に対して色収差補正素子19aの段差での位相飛びが実質上起こらないように、段差sを $s_1 = 2\lambda_1/(n-1)$ から $s_2 = \lambda_2/(n-1)$ の範囲内に設定しているが、色収差補正素子19aの段差での位相差が第1及び第2の波長に対して、それぞれ、実質上 8π 、 4π となるように、段差sを $s_1 = 4\lambda_1/(n-1)$ から $s_2 = 2\lambda_2/(n-1)$ の範囲内に設定しても、機能はする。しかし、この場合には、段差が大きくなるため、光の損失は前者よりも大きくなる。

【0148】(第7の実施の形態)次に、本発明の第7の実施の形態の光学ヘッドについて、図10を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0149】図10は本発明の第7の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図である。

【0150】本実施の形態においては、立ち上げミラー15と対物レンズ4aとの間の光路中に、対物レンズ4aの色収差を補正する色収差補正素子19bが配置されている。

【0151】色収差補正素子19bは、周囲に行くにしたがって周期が徐々に小さくなる、典型的な回折形レンズのパターン形状である。色収差補正素子19bの断面は、図10に示すような階段形状であり、第1の波長 λ_1 、第1の波長の略2倍の波長である第2の波長 λ_2 、色収差補正素子19bの材料の屈折率nに対して、上記階段形状の最小の段差sは、実質上 $s_1 = 2\lambda_1/(n-1)$ から $s_2 = \lambda_2/(n-1)$ の範囲内にあるように設定されている。この場合、両波長に対して光利用効率が良好になる。上記階段形状の段差sは、それぞれの波長に対して、位相差が実質的に 4π 、 2π であるため、それぞれの設計波長の場合には、何も素子が無いのと等価であり、それぞれの波長を有する略平行光6はそのまま通過してしまう。しかし、設計波長から変化した場合には、位相差がずれるので、上記第6の実施の形態の場合と同じく、平行光が発散光又は収束光となり、対物レンズ4aで生じる焦点変動を打ち消す役割を果たす。

【0152】(第8の実施の形態)次に、本発明の第8

の実施の形態の光学ヘッドについて、図11を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0153】図11(a)は本発明の第8の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、図11(b)は本発明の第8の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す平面図である。

【0154】本実施の形態の光学ヘッドは、第1及び第2の波長の光がジグザグ状に伝搬する透明基板20を備え、透明基板20上には複数の回折光学素子4b、8d、3b、22が配置されている。

【0155】オファキシス形の回折形対物レンズ4b、反射形の回折形コリメータレンズ3bは、上記第1の実施の形態の場合と同じく、第1の波長の光に対しては実質上2次の回折光を出射し、その約2倍の第2の波長の光に対しては実質上1次の回折光を出射する。回折形対物レンズ4bは、断面形状が実質上鋸歯形状の透過型素子であるため、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、材料の屈折率nに対して、鋸歯形状の深さ s が、実質上 $L_1 = 2\lambda_1 / (n-1)$ から $L_2 = \lambda_2 / (n-1)$ の範囲内にあり、また、回折形コリメータレンズ3bは、断面形状が実質上鋸歯形状の反射型素子（基板側から入射）であり、鋸歯形状の深さ s を、実質上 $L_1 = \lambda_1 / n$ から $L_2 = \lambda_2 / 2n$ の範囲内にあるように設定すれば、両波長に対して高い回折効率を得ることができる。

【0156】例えば、厚さ3mmのガラス等の透明基板20の裏面には、例えば、 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たす第1の波長 λ_1 の光と、例えば、 $0.76\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たす第2の波長 λ_2 の光を選択的に出射する光源1が配置されている。光源1は、異方性エッチングによって形成されたシリコン基板21の逆ピラミッド状の穴の斜面にマウントされており、光源1からの光2は、透明基板20に対して斜め方向から入射する。透明基板20に入射した光2は、伝搬光となって回折形の波長安定化素子22に入射する。ここで、例えば、数%から10%程度の選択された波長を有する1次又は2次の回折光は、波長安定化のためにその一部が光源1に戻るようになっている。また、残りの0次回折光は透明基板20内をジグザグ状に伝搬する。回折光学素子22、3b、8dと透明基板20の表面の一部と裏面の一部には、例えばA g、A I、Au等の金属層又は誘電体の多層膜からなる反射膜16aが形成されている。透明基板20内をジグザグ状に伝搬した光2は、回折形コリメータレンズ3bによって略平行光6となり、オファキシス形の透過形対物レンズ4bによって光ディスク11上に集光（収束光7）される。光ディスク11によって反射された光7は、逆方向に折り返し、透過形対物レンズ4bから再び透明基板20内に入射して伝搬光6となり、フォーカス/トラック誤差信号検出素子である反射形ツインレンズ8dに入射

する。反射形ツインレンズ8dは、同じ仕様を有する反射形レンズを2つアレイ状に配列した構造を有している。伝搬光はこの反射形ツインレンズ8dによって2分割されて透明基板20内をジグザグ状に伝搬し、シリコン基板21上に形成された光検出器13に集光する。

【0157】本実施の形態の反射形コリメータレンズ3bの各グレーティング、反射形ツインレンズ8dを構成する1つの反射形レンズの各グレーティングは、伝搬光の光軸方向であるy軸方向に長軸を持つそれが同じ離心率の楕円形状であり、外周にいくにしたがって周期が小さくなっている。この楕円形パターンの中心位置は、外周部にいくにしたがって、レンズに対する入射側と出射側のうち平方光に近い方に徐々にずれている（レンズ3bではy方向、レンズ8dでは-y方向）。反射形コリメータレンズ3bをこのような形状とすることにより、斜め入射の影響で通常生じるコマ収差と非点収差をなくし、良好にコリメートすることができる。

【0158】本実施の形態の透過形対物レンズ4bとして用いたオファキシス形の透過形回折光学レンズは、光の進行方向（y方向）に対して徐々に周期が小さくなるような、曲率と中心位置が徐々にずれている楕円の1部である曲線グレーティングから構成されている。

【0159】本実施の形態においては、透明基板20上に各光学部品を配置する構成を採用しているため、位置合わせが容易で小型軽量化が可能な光学ヘッドを実現することができる。また、4つの回折光学素子22、3b、8d、4bは、溝の深さが波長オーダに設定されており、このため、例えば、射出成形や2P法等によって一括して作製することが可能であり、また、相対位置を正確に設定することができると共に、低コスト化も可能となる。

【0160】（第9の実施の形態）次に、本発明の第9の実施の形態の光学ヘッドについて、図12を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0161】図12は本発明の第9の実施の形態における光学ヘッドの回折光学素子の波長 λ で規格化した規格化グレーティング周期 Λ/λ と回折効率との関係を示すグラフである。

【0162】本実施の形態の光学ヘッドは、光源の波長と回折光学素子の溝の深さが上記第1の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第2の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、第1の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を出射する。

【0163】本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が射出する第1の波長 λ_1 の光は、例えば、実質上0.

$35 \mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu m$ の関係を満たし、この第1の波長 λ_1 の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができ、その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができる。また、光源が射出する第2の波長 λ_2 の光は、例えば、 $0.57 \mu m \leq \lambda_2 \leq 0.68 \mu m$ の関係を満たし、この第2の波長 λ_2 の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0164】本発明者らは、高密度光ディスクとDVD、DVD-Rの光ディスクの両方に対応できる2波長の光学ヘッドにおいて、その2波長間の波長の大きさの関係を略1.5倍に設定（実際の場合、1.4倍程度から1.7倍程度）し、高密度光ディスクに対応するとき（第1の波長の光を射出するとき）には、回折光学素子に対して実質上3次回折光を用い、DVD、DVD-Rの光ディスクに対応するとき（第2の波長の光を射出するとき）には、回折光学素子に対して実質上2次回折光を用いることにより、同じ光路に回折光学素子を配置しても、どちらの波長の光に対しても高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができることを見い出した。

【0165】通常、回折光学素子における回折角は、波長と周期と回折次数によって決められるが、本発明者らは、第1の波長で実質的に3次回折光を用い、略1.5倍の波長の第2の波長で2次回折光を用いるようにすることにより、波長が異なっても、回折角をほぼ等しくすることができるということを見い出した。

【0166】回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、上記回折光学素子の材料の屈折率 n に対して、上記鋸歯形状の深さしが、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3\lambda_1 / (n-1)$ から $L_2 = 2\lambda_2 / (n-1)$ の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3\lambda_1 / 2n$ から $L_2 = \lambda_2 / n$ の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3\lambda_1 / 2$ から $L_2 = \lambda_2$ の範囲内にあるようにして、どちらの波長に対して最も回折効率が最大となるようにした。例えば、 $\lambda_1 = 0.40 \mu m$ 、 $\lambda_2 = 0.65 \mu m$ 、 $n = 1.5$ の場合には、透過型素子では $L = 2.4 \mu m \sim 2.6 \mu m$ 、反射型素子では、 $L = 0.40 \mu m \sim 0.43 \mu m$ （基板側から入射）、 $L = 0.60 \mu m \sim 0.65 \mu m$ （空気側から入射）である。

【0167】また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数を p としたとき、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3(p-1)\lambda_1 / [p(n-1)]$ から $L_2 = 2(p-1)\lambda_2 / [p(n-1)]$ の範囲内にあり、基板側から入射

するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3(p-1)\lambda_1 / 2pn$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / pn$ の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3(p-1)\lambda_1 / 2p$ から $L_2 = (p-1)\lambda_2 / p$ の範囲内にあることが望ましい。

【0168】本実施の形態のように、完全に $1.5\lambda_1 = \lambda_2$ とならない場合には、 $L_1 \neq L_2$ であり、好みの溝深さは、 L_1 から L_2 の範囲内にあるが、溝深さを L_1 としたときは第1の波長 λ_1 に対する効率重視となり、溝深さを L_2 としたときには第2の波長 λ_2 に対する効率重視となり、ちょうどその平均の大きさ ($0.5(L_1 + L_2)$) のときに、両波長に対してバランスがとれた状態となる。波長が短いほど光利用効率が重要視されるので、回折光学素子の溝の深さは L_1 に設定されるのがより望ましいと言える。

【0169】図12から分かるように、2次回折効率の方が3次回折効率よりも概ね良好であるが、どちらの回折効率も Λ/λ が小さくなると減少する傾向にある。どちらの回折効率も80%以上になる Λ/λ は1.6以上であるので、回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 1.6\lambda_1$ の関係を満たすようにすることにより、両波長に対して回折効率を80%以上とすることができます。

【0170】（第10の実施の形態）次に、本発明の第10の実施の形態の光学ヘッドについて、図13を用いて、上記第1の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0171】図13は本発明の第10の実施の形態における光学ヘッドの回折光学素子の波長 λ で規格化した規格化グレーティング周期 Λ/λ と回折効率との関係を示すグラフである。

【0172】本実施の形態の光学ヘッドは、光源の波長と回折光学素子の溝の深さが上記第1の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、第1の波長の光に対して略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を射出する単数又は複数の光源と、光検出器と、第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、第1の波長の光に対して実質上4次の回折光を射出し、第2の波長の光に対して実質上2次の回折光を射出し、第3の波長の光に対して実質上3次の回折光を射する。

【0173】本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が射出する第1の波長 λ_1 の光は、例えば、実質上 $0.35 \mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu m$ の関係を満たし、この第1の波長 λ_1 の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができ、その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができる。

また、光源が出射する第2の波長 λ_2 の光は、例えば、実質上 $0.57\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たし、この第2の波長 λ_2 の光の光源を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第3の波長 λ_3 の光は、例えば、実質上 $0.76\mu m \leq \lambda_3 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たし、この第3の波長 λ_3 の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0174】本発明者らは、高密度光ディスクとDVD、DVD-R、CD、CD-R等の種々の光ディスクに対応できる3波長の光学ヘッドにおいて、その3波長間の波長の大きさの比をおよそ1:2:1.5に設定し（実際の場合、1:1.8~2.1:1.4~1.7）、高密度光ディスクに対応するとき（第1の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上4次回折光を用い、CD、CD-Rの光ディスクに対応するとき（第2の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上2次回折光を用い、DVD、DVD-Rの光ディスクに対応するとき（第3の波長の光を出射するとき）には、回折光学素子に対して実質上3次回折光を用いることにより、同じ光路に回折光学素子を配備しても、3つの波長の光のうち、第1及び第2の波長の光に対して特に高い回折効率を得ることができ、光学特性の良好な光学ヘッドを実現することができることを見い出した。尚、第3の波長の光に対しては、第1及び第2の波長の光に比べて、例えば、およそ5%程度悪くなるだけである。

【0175】通常、回折光学素子における回折角は、波長と周期と回折次数によって決められるが、本発明者らは、第1の波長で実質的に4次回折光を用い、第2の波長で実質的に2次回折光を用い、第3の波長で実質的に3次回折光を用いるようにすることにより、波長が異なっても、回折角をほぼ等しくすることができるということを見い出した。

【0176】回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、上記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、上記鋸歯形状の深さしが、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 4\lambda_1 / (n-1)$ と $L_2 = 2\lambda_2 / (n-1)$ と $L_3 = 3\lambda_3 / (n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 2\lambda_1 / n$ と $L_2 = \lambda_2 / n$ と $L_3 = 3\lambda_3 / 2n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 2\lambda_1$ と $L_2 = \lambda_2$ と $L_3 = 3\lambda_3 / 2$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあるようにして、3つの波長のいずれに対しても回折効率が最大となるようにした。例えば、 $\lambda_1 = 0.40\mu m$ 、 $\lambda_2 = 0.80\mu m$ 、 $\lambda_3 = 0.65\mu m$ 、 $n =$

1.5の場合には、透過型素子では $L = 3.2\mu m \sim 3.9\mu m$ 、反射型素子では、 $L = 0.53\mu m \sim 0.65\mu m$ （基板側から入射）、 $L = 0.8\mu m \sim 0.98\mu m$ （空気側から入射）である。

【0177】また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であり、そのときの最適な溝の深さは、レベル数をpとしたとき、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 4(p-1)\lambda_1 / [p(n-1)]$ と $L_2 = 2(p-1)\lambda_2 / [p(n-1)]$ と $L_3 = 3(p-1)\lambda_3 / [p(n-1)]$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 2(p-1)\lambda_1 / pn$ と $L_2 = (p-1)\lambda_2 / pn$ と $L_3 = 3(p-1)\lambda_3 / 2pn$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 2(p-1)\lambda_1 / p$ と $L_2 = (p-1)\lambda_2 / p$ と $L_3 = 3(p-1)\lambda_3 / 2p$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある。

【0178】図13から分かるように、2次回折効率の方が3次及び4次回折効率よりも概ね良好であるが、3つの次数の回折効率のいずれも Λ / λ が小さくなると減少する傾向にある。3つの次数の回折効率のいずれもが80%以上になる Λ / λ は2.2以上であるので、回折光学素子の最小周期 Λ_{min} が第1の波長 λ_1 に対して $\Lambda_{min} \geq 2.2\lambda_1$ の関係を満たすようにすることにより、3つの波長に対して回折効率を80%以上とすることができる。

【0179】〈第11の実施の形態〉次に、本発明の第11の実施の形態の光学ヘッドについて、上記第10の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0180】本実施の形態の光学ヘッドは、回折光学素子の溝の深さと使用する回折次数が上記第10の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、第1の波長の約2倍の波長を有する第2の波長の光、及び第1の波長の光に対して約1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、第1の波長の光に対して実質上6次の回折光を出射し、第2の波長の光に対して実質上3次の回折光を出射し、第3の波長の光に対して実質上4次の回折光を出射する。

【0181】本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 λ_1 の光の波長は、例えば、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、この第1の波長 λ_1 の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができ、その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第2の波長 λ_2 の光の

波長は、例えば、実質上 $0.57 \mu m \leq \lambda_2 \leq 0.68 \mu m$ の関係を満たし、この第2の波長 λ_2 の光の光源を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。また、光源が射出する第3の波長 λ_3 の光の波長は、例えば、実質上 $0.76 \mu m \leq \lambda_3 \leq 0.88 \mu m$ の関係を満たし、この第3の波長 λ_3 の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0182】本発明者らは、高密度光ディスクとDVD、DVD-R、CD、CD-R等の種々の光ディスクに対応できる3波長の光学ヘッドにおいて、その3波長間の波長の大きさの比をおよそ $1 : 2 : 1.5$ に設定し（実際の場合、 $1 : 1.8 \sim 2.1 : 1.4 \sim 1.7$ ）、高密度光ディスクに対応するとき（第1の波長の光を射出するとき）には、回折光学素子に対して実質上6次回折光を用い、CD、CD-Rの光ディスクに対応するとき（第2の波長の光を射出するとき）には、回折光学素子に対して実質上3次回折光を用い、DVD、DVD-Rの光ディスクに対応するとき（第3の波長の光を射出するとき）には、回折光学素子に対して実質上4次回折光を用いることにより、同じ光路に回折光学素子を配置しても、3つのいずれの波長の光に対しても高い回折効率を得ることができる。

【0183】尚、本実施の形態の回折光学素子は上記第10の実施の形態の回折光学素子よりも使用する回折次数が大きいが、特に、回折光学素子の周期が大きい場合に、本実施の形態の回折光学素子の方が第3の波長に対する回折効率が大きくなる。

【0184】回折光学素子の断面形状は実質上鋸歯形状である。ここでは、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、上記回折光学素子の材料の屈折率 n に対して、上記鋸歯形状の深さ L が、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 6\lambda_1 / (n-1)$ と $L_2 = 3\lambda_2 / (n-1)$ と $L_3 = 4\lambda_3 / (n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3\lambda_1 / n$ と $L_2 = 3\lambda_2 / 2n$ と $L_3 = 2\lambda_3 / n$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3\lambda_1$ と $L_2 = 3\lambda_2 / 2$ と $L_3 = 2\lambda_3$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあるようにして、3つの波長のいずれに対しても回折効率が最大となるようにした。例えば、 $\lambda_1 = 0.40 \mu m$ 、 $\lambda_2 = 0.80 \mu m$ 、 $\lambda_3 = 0.65 \mu m$ 、 $n = 1.5$ の場合には、透過型素子では $L = 4.8 \mu m \sim 5.2 \mu m$ 、反射型素子では、 $L = 0.80 \mu m \sim 0.87 \mu m$ （基板側から入射）、 $L = 1.2 \mu m \sim 1.3 \mu m$ （空気側から入射）である。

【0185】また、断面形状を階段形状で近似したマルチレベル形状の回折光学素子を用いることも可能であ

り、そのときの最適な溝の深さは、レベル数 p としたとき、透過型素子の場合には、実質上 $L_1 = 6(p-1)\lambda_1 / [p(n-1)]$ と $L_2 = 3(p-1)\lambda_2 / [p(n-1)]$ と $L_3 = 2(p-1)\lambda_3 / [p(n-1)]$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、基板側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3(p-1)\lambda_1 / pn$ と $L_2 = 3(p-1)\lambda_2 / 2pn$ と $L_3 = (p-1)\lambda_3 / pn$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあり、また、空気側から入射するような反射型素子の場合には、実質上 $L_1 = 3(p-1)\lambda_1 / p$ と $L_2 = 3(p-1)\lambda_2 / 2p$ と $L_3 = (p-1)\lambda_3 / p$ のうちの最小値と最大値の範囲内にあることが、光利用効率が良いという意味で望ましい。

【0186】（第12の実施の形態）次に、本発明の第12の実施の形態の光学ヘッドについて、上記第5もしくは第6の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0187】本実施の形態の光学ヘッドは、光源の波長と色収差補正素子の段差が上記第5もしくは第6の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。

【0188】本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、及び第1の波長の光に対して約1.5倍の波長を有する第2の波長の光を射出する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、第1及び第2の波長の光の光路中に設けられた回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、上記対物レンズの色収差を補正する段階状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、上記色収差補正素子の材料の屈折率 n に対して、段差は、実質上 $3\lambda_1 / (n-1)$ から $2\lambda_2 / (n-1)$ の範囲内にある。

【0189】本実施の形態の構成によれば、第1及び第2の波長の光に対して光利用効率の良好な色収差補正素子を得ることができる。

【0190】本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が射出する第1の波長 λ_1 の光の波長は、例えば、実質上 $0.35 \mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44 \mu m$ の関係を満たし、この第1の波長 λ_1 の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができ、その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができる。また、光源が射出する第2の波長 λ_2 の光の波長は、例えば、実質上 $0.57 \mu m \leq \lambda_2 \leq 0.68 \mu m$ の関係を満たし、この第2の波長 λ_2 の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0191】（第13の実施の形態）次に、本発明の第13の実施の形態の光学ヘッドについて、上記第5もしくは第6の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0192】本実施の形態の光学ヘッドは、光源の波長と色収差補正素子の段差が上記第5もしくは第6もしくは第7の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。

【0193】本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、第1の波長の光に対して略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、上記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3の波長 λ_3 、上記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、段差は、 $4\lambda_1/(n-1)$ と $2\lambda_2/(n-1)$ と $3\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある。

【0194】本実施の形態の構成によれば、第1～第3の波長の光のうち、第1及び第2の波長の光に対して、特に、光利用効率の良好な光学特性を有する色収差補正素子を得ることができる。

【0195】本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 λ_1 の光の波長は、例えば、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、この第1の波長 λ_1 の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができ、その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第2の波長 λ_2 の光の波長は、例えば、実質上 $0.57\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たし、この第2の波長 λ_2 の光の光源を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第3の波長 λ_3 の光の波長は、例えば、実質上 $0.76\mu m \leq \lambda_3 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たし、この第3の波長 λ_3 の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0196】〈第14の実施の形態〉次に、本発明の第14の実施の形態の光学ヘッドについて、上記第13の実施の形態と異なる点を中心に説明する。

【0197】本実施の形態の光学ヘッドは、色収差補正素子の段差が上記第13の実施の形態の光学ヘッドと異なっている。

【0198】本実施の形態の光学ヘッドは、第1の波長の光、第1の波長の光に対して略2倍の波長を有する第2の波長の光、及び第1の波長の光に対して略1.5倍の波長を有する第3の波長の光を出射する単数又は複数の光源と、光検出器と、情報記録媒体に集光する対物レンズと、第1、第2及び第3の波長の光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とを備えている。上記回折光学素子は、上記対物レンズの色収差を補正する階段状もしくは実質上鋸歯形状の段差を有する色収差補正素子であり、第1の波長 λ_1 、第2の波長 λ_2 、第3

の波長 λ_3 、上記回折光学素子の材料の屈折率nに対して、段差は、 $6\lambda_1/(n-1)$ と $3\lambda_2/(n-1)$ と $4\lambda_3/(n-1)$ のうちの最小値と最大値の範囲内にある。

【0199】本実施の形態の色収差補正素子は上記第13の実施の形態の色収差補正素子と比べて段差が大きいが、色収差補正素子の周期が波長に比べて十分大きいとき、本実施の形態のように構成すれば、第1～第3の波長の光に対して光利用効率の良好な光学特性を有する色収差補正素子を得ることができる。

【0200】本実施の形態の光学ヘッドにおいて、光源が出射する第1の波長 λ_1 の光の波長は、例えば、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda_1 \leq 0.44\mu m$ の関係を満たし、この第1の波長 λ_1 の光の光源を搭載することにより、集光スポットを小さく絞ることができ、その結果、例えば、10Gバイト以上の高密度ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第2の波長 λ_2 の光の波長は、例えば、実質上 $0.57\mu m \leq \lambda_2 \leq 0.68\mu m$ の関係を満たし、この第2の波長 λ_2 の光の光源を搭載することにより、例えば、CD、CD-Rの光ディスクを読み出すことができる。また、光源が出射する第3の波長 λ_3 の光の波長は、例えば、実質上 $0.76\mu m \leq \lambda_3 \leq 0.88\mu m$ の関係を満たし、この第3の波長 λ_3 の光の光源を搭載することにより、例えば、2層構造を含むDVD、DVD-Rの光ディスクを読み出すことができる。

【0201】以上、第1～第14の実施の形態の光学ヘッドについて説明してきたが、本発明はこれらの実施の形態に限定されるものではなく、それぞれの実施の形態の光学ヘッドの構成を組み合わせた光学ヘッドも本発明に含まれ、同様の効果を奏すことができる。

【0202】尚、上記実施の形態で用いた対物レンズとコリメータレンズは便宜上名付けたものであり、一般にいうレンズと同じである。

【0203】また、上記実施の形態においては、光ディスクを例に挙げて説明したが、同様の情報記録再生装置で厚みや記録密度など複数の仕様の異なる媒体を再生することができるよう設計されたカード状やドラム状、テープ状の製品に応用することも本発明の範囲に含まれる。

【0204】また、上記実施の形態においては、複数の波長の光を取り扱っているが、実質上 $0.35\mu m \leq \lambda \leq 0.44\mu m$ の関係を満たす波長 λ の光を出射する光源を1個だけ備えた光学ヘッドとして構成してもよい（図7～図10において光源を1つにした場合）。この場合、光検出器と、光源から出射される光の光路中に設けられた単数又は複数の回折光学素子とをさらに備え、前記回折光学素子が、情報記録媒体に集光する対物レンズの色収差を補正する色収差補正素子であれば、光源からの出射光としてレンズの硝材の色分散の大きい 0.3

$5 \mu m \leq \lambda \leq 0.44 \mu m$ の範囲の半導体レーザ光を用いた場合、高周波モジュールや自励発振による数 $n m$ 程度の波長帯域の広がりや環境温度の変化によって出射光の中心波長が変化しても、対物レンズによる大きな色収差を補正して、光ディスク面で良好な集光スポットを得ることができる。また、この場合、色収差補正素子を対物レンズ上に形成すれば、色収差補正素子と対物レンズを1つの部品として取り扱うことができ、小型化・低コスト化が可能となる。また、色収差補正素子と対物レンズをアクチュエータによって一体的に駆動させるようすれば、色収差補正素子と対物レンズの光軸がずれることがないので、良好な光学特性が得られる。さらに、色収差補正素子が凸型の回折型レンズであり、対物レンズとの両方で収束光を形成する構成にすれば、対物レンズ自体の開口数が低減されるので、製造が容易となる。

【0205】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数の種類の情報記録媒体に対応できる複数波長の光源と回折光学素子とを備えた構成により、光利用効率の高い光学ヘッドを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図2】本発明の第1の実施の形態の光学ヘッドにおける回折光学素子の規格化波長と回折効率との関係を示すグラフ

【図3】本発明の第1の実施の形態の光学ヘッドにおける回折光学素子の規格化グレーティング周期と1次回折効率及び2次回折効率との関係を示すグラフ

【図4】本発明の第2の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図5】本発明の第3の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図6】(a)は本発明の第4の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、(b)は本発明の第4の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す平面図

【図7】本発明の第5の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図8】本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図9】(a)は本発明の第6の実施の形態における光学

ヘッドの色収差補正素子を形成した対物レンズを示す断面図、(b)は本発明の第6の実施の形態における光学ヘッドの色収差補正素子を形成した対物レンズを示す平面図

【図10】本発明の第7の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図

【図11】(a)は本発明の第8の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す側面図、(b)は本発明の第8の実施の形態における光学ヘッドの基本構成と光の伝搬の様子を示す平面図

【図12】本発明の第9の実施の形態における光学ヘッドの回折光学素子の規格化グレーティング周期と回折効率との関係を示すグラフ

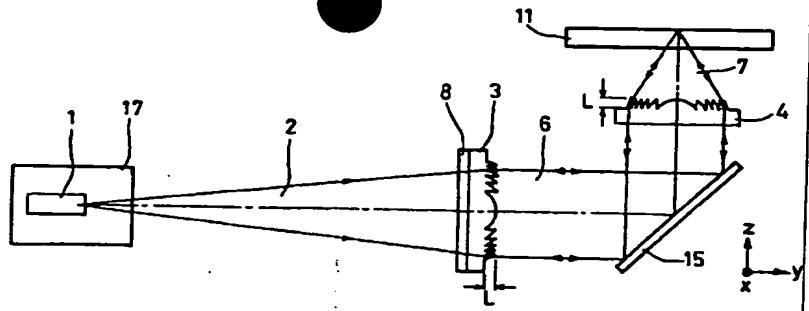
【図13】本発明の第10の実施の形態における光学ヘッドの回折光学素子の規格化グレーティング周期 Λ/λ と回折効率との関係を示すグラフ

【図14】従来の光学ヘッドの回折光学素子の規格化波長と1次回折効率との関係を示すグラフ

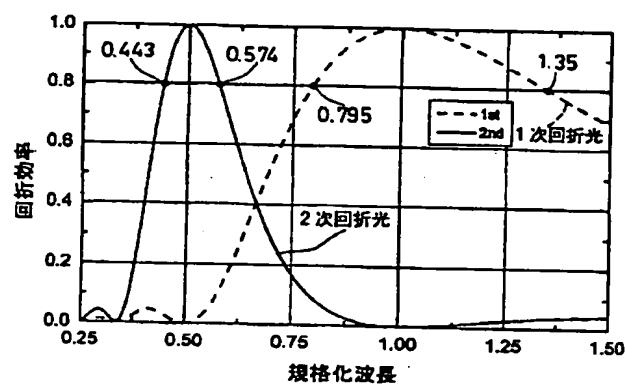
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 出射光
- 3 コリメータレンズ
- 4 対物レンズ
- 5 グレーティング
- 6 平行光
- 7 収束光
- 8 フォーカス/トラック誤差信号検出素子
- 9 屈折光学手段
- 10 屈折光学手段の斜面(第1面)
- 11 情報記録媒体
- 12 屈折光学手段の側面(第2面)
- 13 光検出器
- 14 屈折光学手段の底面(第3面)
- 15 立ち上げミラー
- 16 反射膜
- 17 光源・光検出器ユニット
- 18 ピームスプリッタ
- 19 色収差補正素子
- 20 透明基板
- 21 シリコン基板
- 22 波長安定化素子

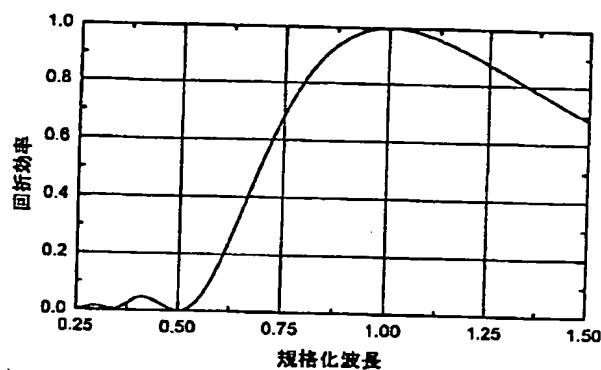
【図1】



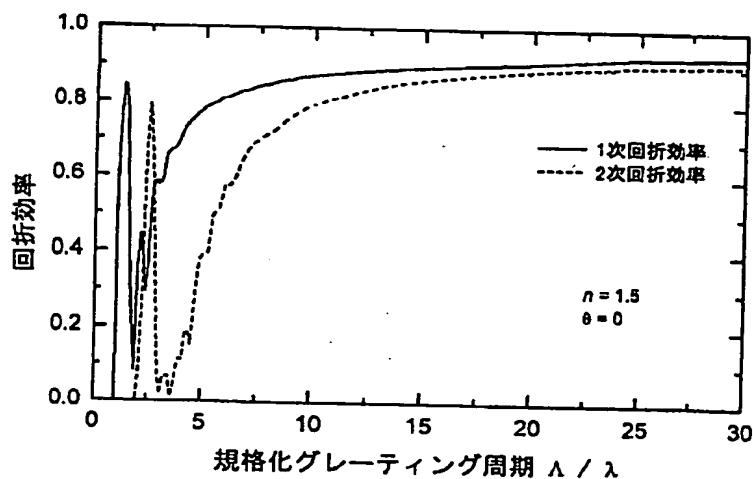
【図2】



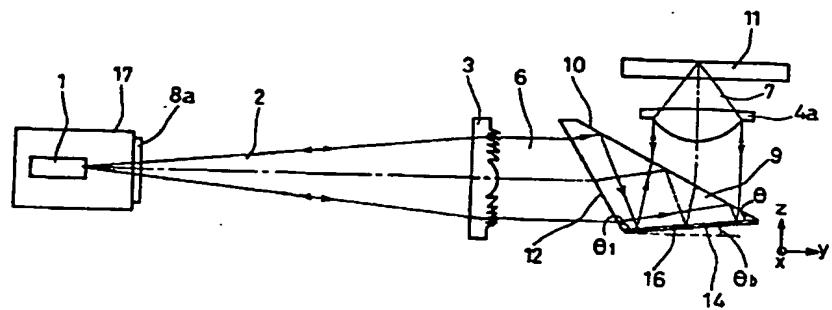
【図1-4】



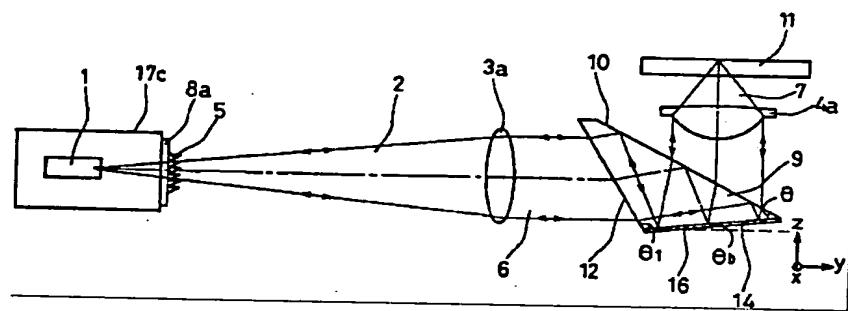
【図3】



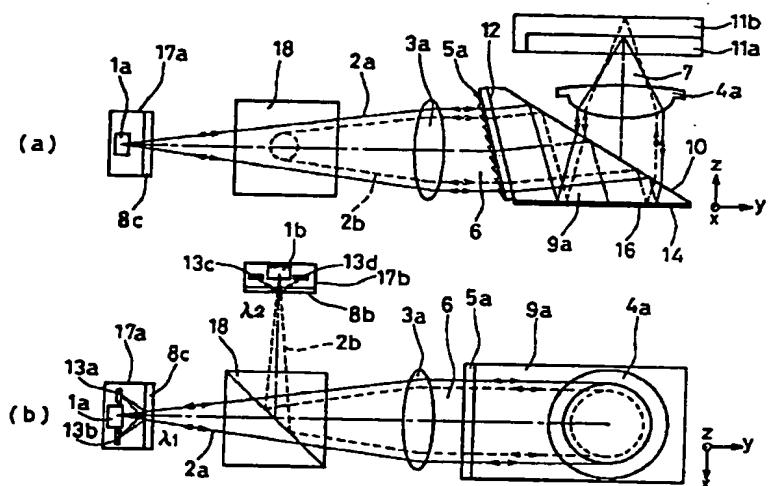
[図4]



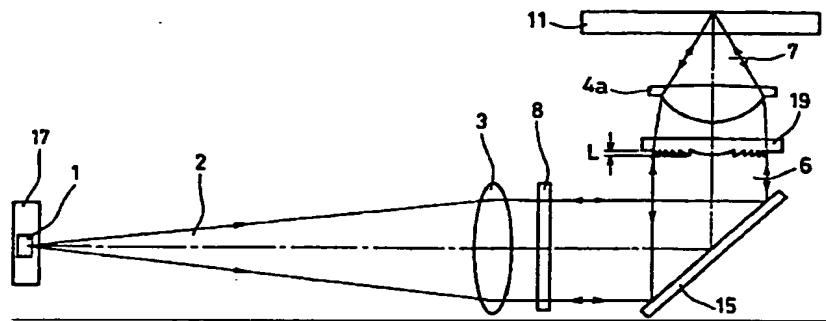
【图5】



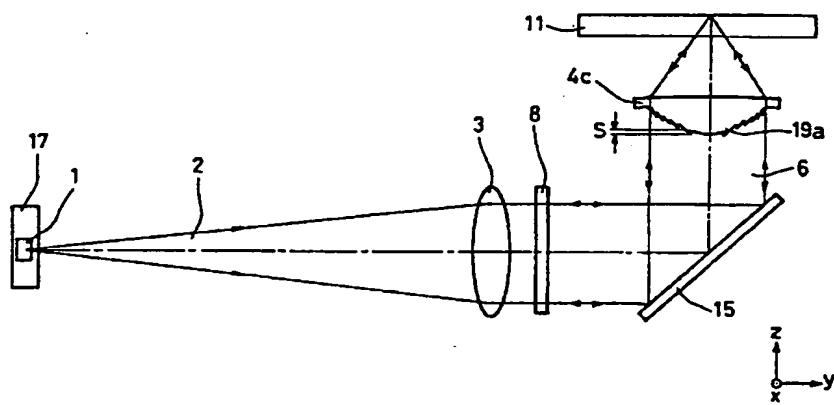
【 6】



【図7】



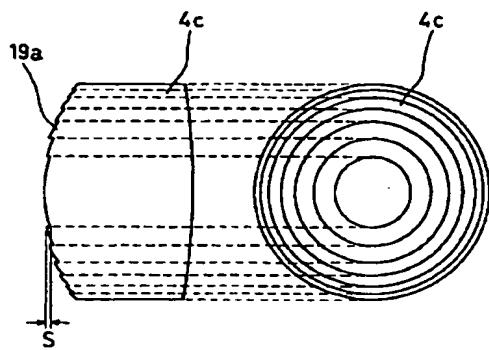
【図8】



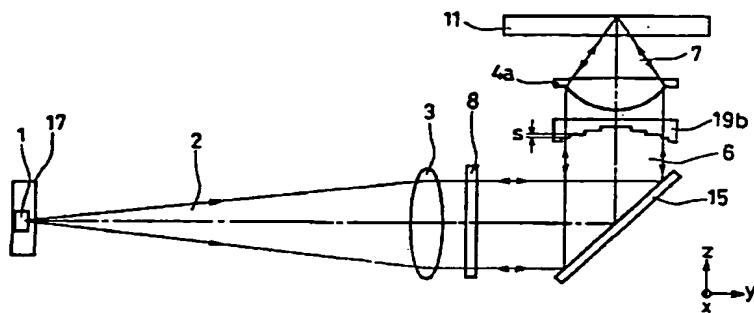
【図9】

(a)

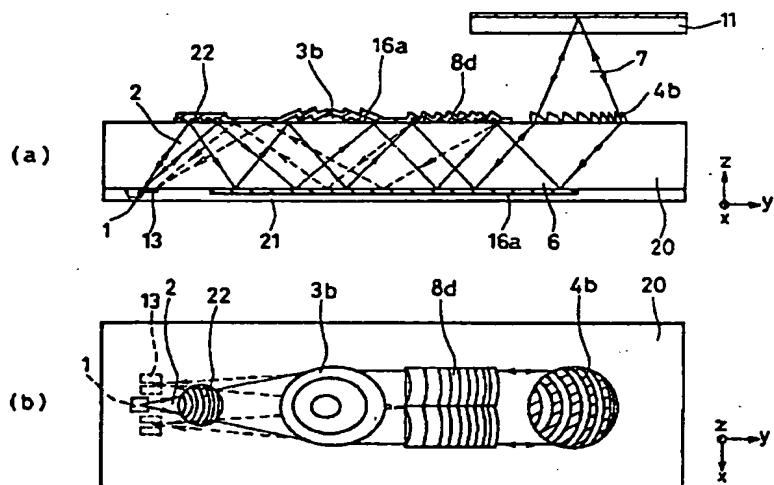
(b)



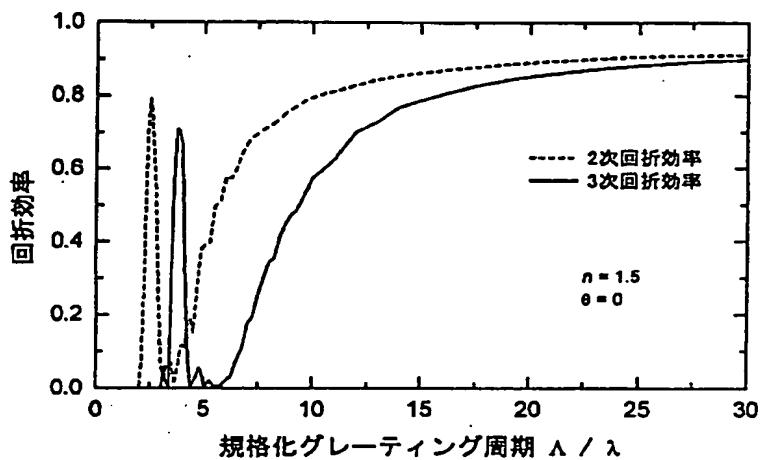
【図10】



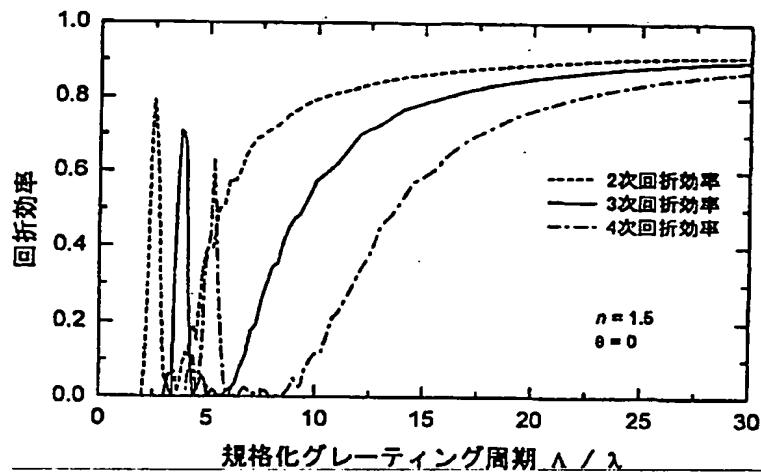
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72) 発明者 細美 哲雄
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
 産業株式会社内

F ターム(参考) 5D119 AA41 AA43 BA01 EA01 EC03
 EC47 FA05 JA03 JA07 JA09
 JA29 JA46 JB02 JB04 JB10